ISSN 1346-7328
国総研資料 第255号
平 成 17 年 9 月

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No. 255 September 2005

日本の港湾の舗装と荷役機械の実態調査結果について

田渕郁男

A Result of Investigation into the Actual Conditions of Japanese Ports Pavement and Cargo Handling Machines

Ikuo TABUCHI

国土交通省　国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management
Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Japan

国土技術政策総合研究所資料　No.255

日本の港湾の舗装と荷役機械の実態調査結果について

September　2005

国土技術政策総合研究所資料
No. 255　　2005年9月
(YSK-N-88)

日本の港湾の舗装と荷役機械の実態調査結果について

田渕　郁男*

要　旨

港湾の荷役の迅速化を求めるユーザーの希望は強く２４時間荷役の開始，ＩＴ化による輸出入手続の迅速化が進められている．舗装に対する負荷の増加は顕著であるが、この分野に関しては、港湾技術研究所の時代から専門に研究する研究室が無く、海外の港湾の舗装の研究のフォローなどされていなかった．

そこで本研究では従来の日本の港湾の技術上の基準で作られ、供用されている岸壁等の舗装の破損実態に関するアンケート調査（含む写真による実態撮影）と荷役機械の種類、吊り上げ能力等に関する調査をメーカーへのヒアリング調査等により行ったものである．

これにより以下の知見を得た．

(1) 日本の港湾の舗装で修繕が緊急に必要とされる施設が相当あり、５年から１０年以内に修繕が必要とされる施設は５割に近い可能性がある．
(2) 舗装の維持管理要領が全国で整備されておらず、点検方法、点検記録のデータベース化など未確立である．
(3) 半たわみ性舗装、ＰＣ版、ＲＣ版などの使用が増加し、ブロック舗装は使われていない．
(4) 荷役機械については、ＡＧＶ及びリーチスタッカなどが使われており、トランスファークレーンは４１ｔが主流となっている．
(5) トラッククレーンのアウトリガーの接地圧は、他の港湾荷役機械より格段に大きく、アウトリガーの下に剛性のある広い鉄板を敷くことが必要である．

これらの結果は新しい港湾の施設の技術上の基準の基礎資料となる．

キーワード：港湾の舗装、荷役機械、実態調査、維持管理

*沿岸海洋研究部沿岸海洋新技術研究官
〒239-0826　横須賀市長瀬3-1-1　国土交通省国土技術政策総合研究所
電話：046-844-5026　Fax：046-844-5081　　e-mail:tabuchi-i92y2@nilim．go．jp

Technical Note of NILIM
No. 255 September 2005
(YSK-N-88)

A Result of Investigation into the Actual Conditions of Japanese Ports Pavement and Cargo Handling Machines

Ikuo TABUCHI

Synopsis

There are many requests that speeding up of Cargo Handling Time in Ports from users. Then we have starting of 24 hours of cargo handling and requesting for speeding up export and import procedures by IT. So it's clear that increasing of load for port pavement. But there wasn't research division of ports pavement from PHRI and there wasn't a researcher had researched foreign countries studies for port pavement.

So I studied the actual conditions of Japanese ports pavement and cargo handling machines. The former was done by questionnaire survey (included photography of real pavement condition). The latter was mainly done by hearing survey for cargo handling machines makers.

The results are

1) There weren't a few facilities which need emergency repair and it was possible half facilities would need to repair in 5-10 years.
2) There was not a manual of maintenance management for ports pavement in the whole country and inspection method and database code of inspection reports were not established.
3) Half flexile pavement, PC plates, RC plates were increased and there was not a block pavement.
4) For speeding up of cargo handling time, AGV and reach stack are used recently. Almost all transfer cranes are 41t hoisting.
5) Truck cranes have particularly bigger placed pressure than other handling machines . Then we need to seat large strict steel plates when we use a truck crane.

Key Words : pavement for ports, handling machine, investigation into the actual conditions, maintenance management

---

*Coordinator for Advanced Coastal and Marine Technology , Coastal and Marine Department

3-1-1 Nagase, Yokosuka, 239-0826 Japan
Phone：+81-468-44-5026 Fax：+81-468-44-5081 e-mail:tabuchi-i92y2@ysk. nilim. go. jp

目　次

1．研究の目的 …… 1

2．研究の背景 …… 1

3．研究の方法と結果 …… 1

４．まとめ …… 13

参考文献 …… 14

付録 …… 15

1． 研究の目的

港湾の荷役の迅速化を求めるユーザーの希望は強く24時間364日荷役の開始，IT化による輸出入業務の迅速化（3～4日→1日）が進められている．舗装に対する負荷の増加は顕著であるため，舗装の種類，維持管理状況，破損状況，破損原因，荷役機械の種類の変化，運用状況の変化等について資料収集し，港湾の施設の技術上の基準[1)]改訂の基礎資料とする．

2．研究の背景

従来，日本の港湾のエプロン，荷さばき地の舗装の設計方法は，道路の舗装方法[2)]に準拠してきた．しかし，港湾貨物のコンテナ化、荷役機械の大型化，港湾の施設の性能規定型設計法への移行などが進んでいる．道路の舗装の基準は平成13年に大改正され，性能規定スタイルとライフサイクルコストの考え方が導入された．道路を走る大型貨物車の荷重に比べ港湾の荷役機械荷重の大型化が進行してきた．空港の大型機は，満載低速走行時は重いが，エプロンでの夜間留置時は積載なしのため，重量は軽い．港湾のコンテナの荷捌き地の荷役機械ほど重荷重で同一走行路のみ繰り返し走行したり，急発進，急回転及び急停止などするものは無い．そのため、走行路などは各種重荷重舗装が工夫されてきた．道路は道路維持修繕要綱[3)]が，空港は空港舗装補修要領（案）[4)]が整備され管理されている．

3．研究の方法と結果

港湾荷役施設の舗装の実態，および一般の岸壁についてはアンケート調査を実施した．このアンケート調査に当たっては，国土交通省直轄の組織に依頼し，港湾施設管理者にヒアリング及び現地調査して記入及び写真撮影を実施した．直轄の事務所等のある重要港湾につきほぼ１施設（含む２施設以上）の回答を得た．このアンケート調査に関しては国土交通省直轄の設計・施工の岸壁に限定した．荷役機械については，メーカーのホームページ，カタログから詳しい資料を得るとともにメーカーにヒアリングしてとりまとめた．

港湾施設の舗装の種類が多く，荷重の増大が予想される7大港等のコンテナふ頭は，筆者が直接ヒアリング調査，現地調査を行ったが今回の論文の対象外である．

3．1　港湾舗装の実態調査結果

付録にアンケート調査の回答例を示す．4枚構成の調査票で，1枚目には港湾の現状，岸壁の吸出しの有無，エプロン舗装の維持管理要領の有無，この港湾の舗装の課題と調査対象施設の特徴などの記入欄を設けた．2枚目には舗装の種類，供用開始年月と過去の補修歴，荷役機械（当初及び現況）荷重条件（空車時及び積載時），設計条件（含む舗装の断面構成）の記入欄を設け， 3枚目および4枚目に破損箇所の実態を写真で撮り，路面状況，破損性状を記入してもらうようにし，半日以内で現地調査できるものとした．

アンケートの地域別回答数は**表-1**の通りであり，全国からまんべんなく調査の回答が得られたと考えている．初めに舗装の種類について述べる．

表-1　アンケートの地域別回答数

所在地	港湾名	回答数
北海道	稚内港、網走港、釧路港、小樽港、苫小牧港	5
東北	青森港、八戸港、宮古港、大船渡港、石巻港、仙台港、酒田港、小名浜港	8
関東	木更津港、千葉港、常陸那珂港、鹿島港、横須賀港、東京港、川崎港、横浜港	8
北陸	新潟港、直江津港、七尾港、金沢港、敦賀港	5
中部	衣浦港、三河港、清水港	3
近畿	和歌山港、尼崎西宮芦屋港、神戸港、姫路港	4
中国	水島港、宇野港、広島港、岩国港、小野田港、宇部港、徳山下松港、境港、浜田港、下関港	10
四国	高松港、徳島･小松島港、松山港、高知港	4
九州	北九州港、宮崎港、細島港(日向市)、八代港、鹿児島港、名瀬港	6
沖縄	那覇港、石垣港、中城湾港、平良港	4
合計		57

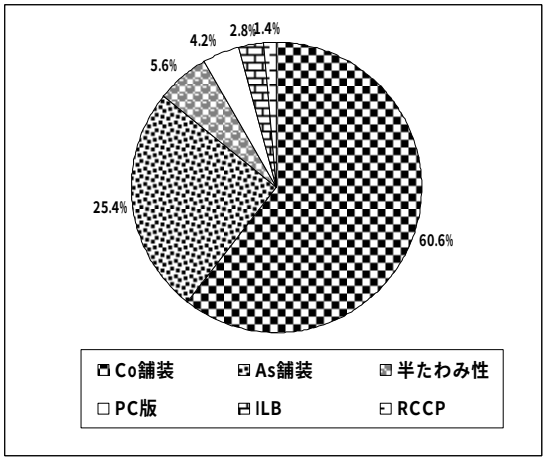


図-1　舗装の種類の分布：全数７１

写真-1　水没状況（Ａ１港）

写真-2　RTG 走行路わだち掘れ(A２港)

舗装の種類の分布は**図-1**の通りであり，コンクリート舗装が約60%，アスファルト舗装が約25%有り，道路と比べてコンクリート舗装の割合が多いことが特徴である．また，半たわみ性舗装，PC版,インターロッキング舗装，ＲＣＣＰ舗装なども使用されているが，ブロック舗装は使われていない．

次に破損状況について述べる．A1港では岸壁が水没している**.写真-1**の方法で計測してもらった結果，21cmの水没である．これは調査票によるとエプロンが沈下し降雨後，利用できない状態となっており早急に補修が必要とのことである．次に**写真-2**のA2港では，広く深いわだち掘れが生じており，わだち掘れを越えて通過するのが困難になっている．次に**写真-3**のA3港では木材を100t吊りクローラクレーンで荷役している岸壁で排水不良による水たまりができている．A3港の主要岸壁であり，隣に建設中の-13m岸壁の供用開始までこの岸壁を供用せざるを得ない．木材の荷役が忙しく行われている岸壁である．

最後にＡ４港ではアウトリガー荷重がかなり大きいため，大きなわだち掘れ（段差）が生じている．これだけ掘られるとアウトリガーも接地面積が少なくなり

写真-3　エプロン舗装の段差,水溜り（Ａ３港）

写真-4　エプロンのわだち掘れ（Ａ４港）

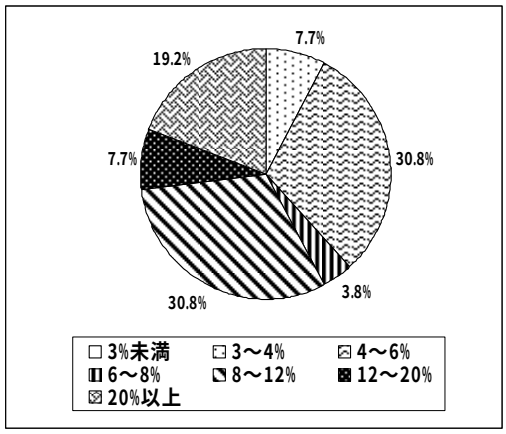


図-2　路床の設計 CBR の分布：全数 26

接地圧が大きくなっていることが懸念される．

次に路床の設計CBRの分布を**図-2**に示す．3%未満はなく，3～4%が約8%，4～6%が約31%有るが，8%以上が約6割と過半数を占め，埋め立て土などに良質な砂質土や礫質土が使用された路床上に舗装が施工されていると考えられる．

次にK_{30}の分布を**図-3**に示す．70未満はなく，70～

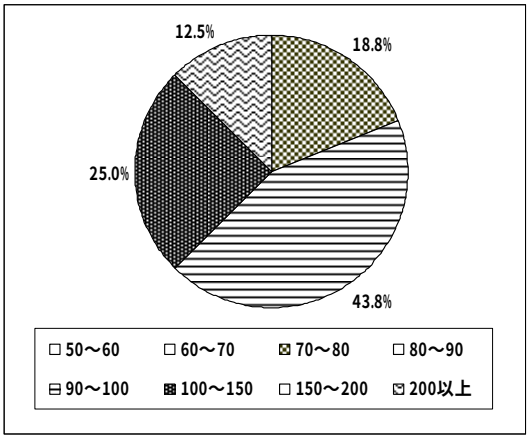


図-3　K_{30} の分布：全数 16

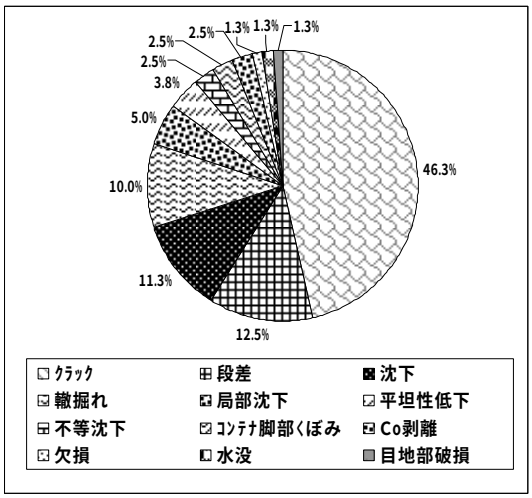


図-4　主要な破損性状の分布：全数 80

80が約19%，90～100が約44%と埋立て地が多い割には，良好な施工がなされ強固な路床上にコンクリート舗装が施工されている．

次に主要な破損状況の分布を**図-4**に示す．全体で概観するとクラックが約46%，次に段差が12.5%，沈下が約11%，わだち掘れが10%と続いている．

これを舗装の種類別に見るとコンクリート舗装の破損性状は**図-5**の通りであり，クラックが約60%，段差が約18%で有り，この2つの破壊性状で約8割を占める．次にアスファルト舗装の破損性状は**図-6**の通りであり，わだち掘れが40%と最大で，次いで沈下の約33%，水没と続く．水没とは沈下が進んだもので，軟弱な地層の上に岸壁や後背地を建設する場合には地盤の置換え工法や改良工法が必要であることを示唆している．

次に調査施設の現用途の分布を図-7に示す．現用途は**図-7**に示すように，コンテナが約50%，ばら荷が34%である．この結果からは実際の比率よりコンテナ岸壁

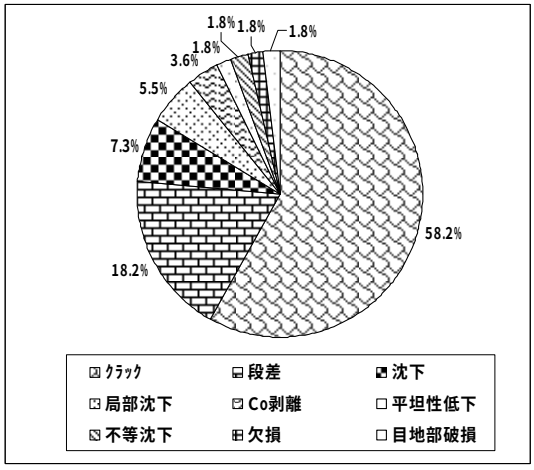


図-5　Co 舗装の破損性状：全数５５

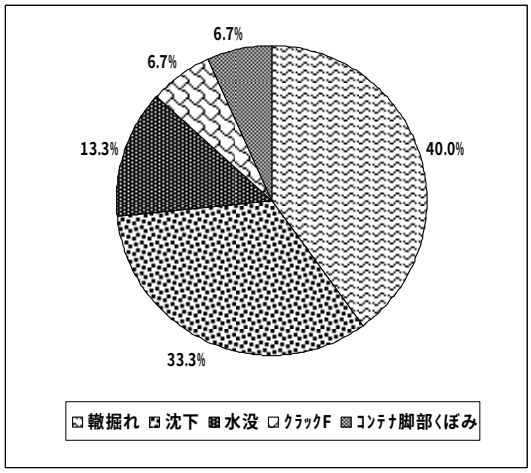


図-6　As 舗装の破損性状：全数 15

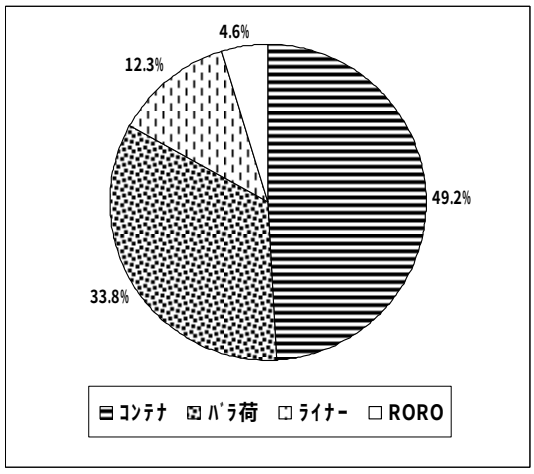


図-7　調査施設の現用途分布：全数 80

の比率が大きいと考える．よく使われている岸壁を選択してくださいと依頼した結果であろう．

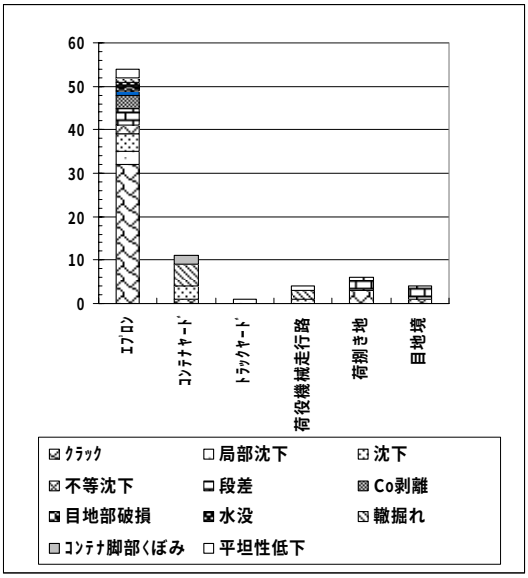


図-8 主要な破損箇所と破損性状：全数 79

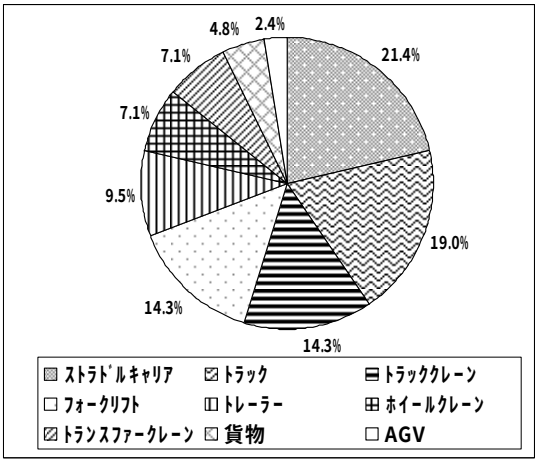


図-9 設計上の載荷重の分布：全数 42

図-8に主要な破損個所と破損性状の分布を示したが，サンプル数も少ないものの，エプロンとコンテナヤードで舗装の破損性状の分布が大きく異なっていることが分かった．エプロンではクラックが，コンテナヤードではわだち掘れが主要な破損性状である．ここでのコンテナヤードは当初からコンテナヤードとして計画されたものは少なく，コンテナの取扱量の増加に応じ，コンテナヤードとして転用されているものが多い．実入りコンテナの重量，荷役機械の重量，アウトリガー荷重の大きさにより局部沈下や不等沈下が生じている．本来は路盤から打換えをしてコンテナ対応の埠頭にすべき所をユーザーの要請に応じるべく，軽微な補修を

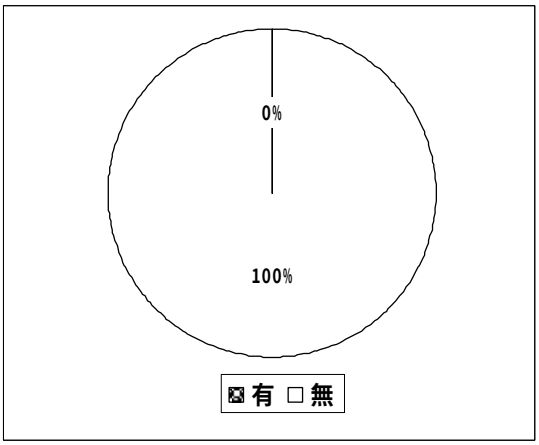


図-10 維持管理要領の有無：全数 57

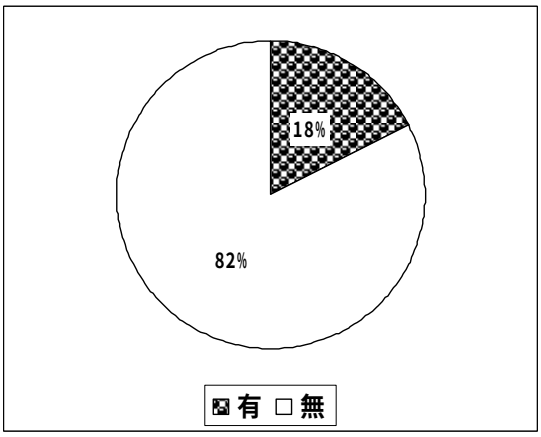


図-11 吸い出しの有無：全数 57

しながら供用しているため，クラックの発生にとどまらず，不等沈下などより深刻な破損となっている．
次に設計上の載荷重の分布を**図-9**に示す．ストラドルキャリアが約21%，トラックが19%，トランスファークレーンとフォークリフトが約14%である．**図－7**で示したとおり現用途の約半数がコンテナを取り扱っているので，実際はストラドルキャリアとトランスファークレーン，タイヤマウント式トランスファークレーンなどが舗装の疲労破壊の原因となっていると考察するところである．

次に維持管理の状況について述べる．まず維持管理要領の有無に関する結果は**図-10**のとおり，すべて無しであった．建設から維持管理の時代と言われるが，至急維持管理要領を港湾施設の舗装に対しても整備し，予防保全に努めるべきと考える．

吸い出しの有無については**図-11**に示した通り，18%の岸壁で発生していた．吸出しの発生しないよう設計・施工にいっそうの注意が必要である．

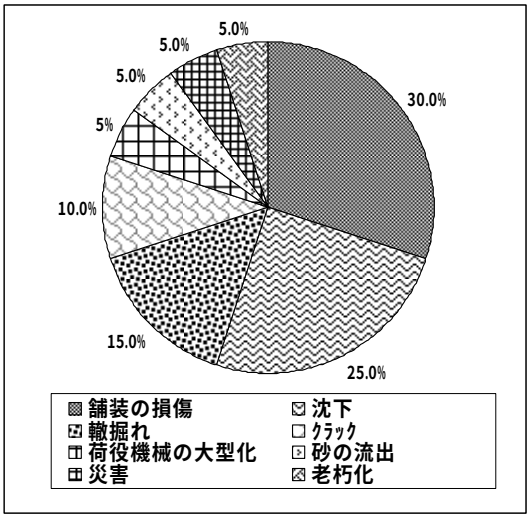


図-12　補修理由の分布：全数 20

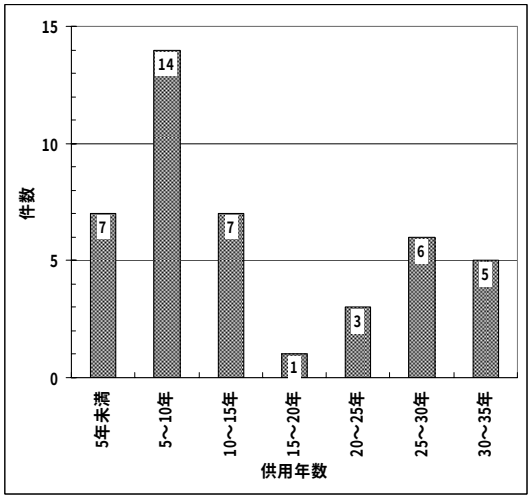


図-14 未補修施設の供用年数全数 43

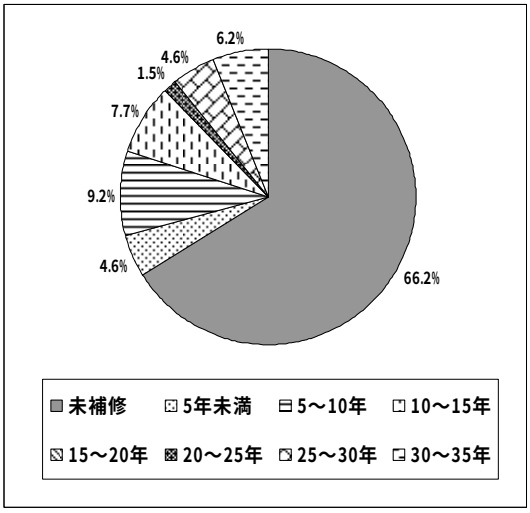


図-13　補修期間の分布：全数 65

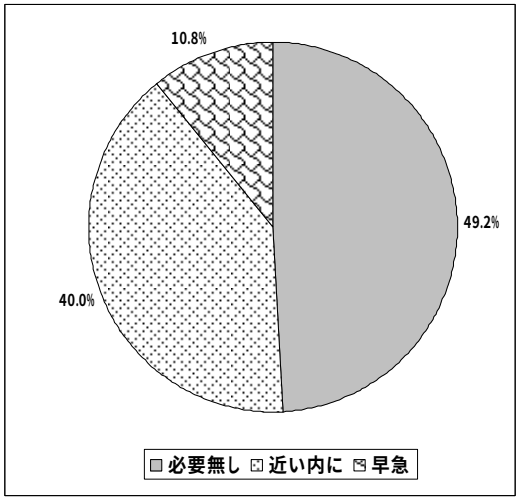


図-15　維持補修の必要性の分布：全数 65

図-12には補修理由の分布を示した．舗装のクラックなどによる損傷が30%，沈下が25%，わだち掘れが15%である．

図-13には補修期間の分布を示した．未補修が約66%も有るのは頼もしいが，10年未満で補修した施設が約14%も存在する．道路の基準・同解説によると道路においても道路工事による交通遮断や周辺住民への対策として，舗装の設計期間の長期化（長寿命化）が検討されている．海外においても，舗装の設計期間はおおむね20年で，中には英国における40年などの例もある．わが国の実績では，表基層の切削や打換えなど期間は10年未満が多いが，路盤以下に関して20年～30年の間打換えを実施していない例も少なくないとのことである．[5)]

図-14には未補修の施設の供用年数を示した．道路の実態は上述したとおりであるが，港湾の舗装で30年～35年間未補修の施設があるのは今回の調査では掘り下げられなかった（前述と矛盾するが，利用度が低い施設が含まれている可能性は否めない）．最後に**図-15**に維持補修の必要性の分布を示した．必要無しが49%であるが，早急が約11%，近いうちが40%有り，この5年ないし10年に半分近くの施設を補修した方が良いとの結果である．空港のアスファルト舗装は設計年数10年であるが，舗装の打換えのため空港を閉鎖することはできないため，空港舗装補修要領(案)[6)] がまとめられ，破損が軽微なうちに補修されている．補修は予防保全が一番である．鉄の錆はさび始めたときには簡便に維持修繕で直せるが，ケレンが必要になってくると専門家に大金を支払うこととなる．繰り返しになるが，維持管理要領の整備を急ぎ，安く維持補修する方法・体制を早く構築する必要があると考える．

3．2　荷役機械の実態調査結果

荷役機械の調査を総括し荷役機械の種類と荷重の関係を**表-2**に示す(最大荷重と接地面積・接地圧に相関の無いものは除いた）.

現行基準に示されている荷役機械との大きな違いは以下のとおりである.

表-2　荷役機械の種類と荷重

荷重の種類	能力	アウトリガー1個または車輪1個の最大荷重	アウトリガー1個または車輪1個の接地面積	接地圧
	ton	kN	cm^2	kPa
トラック系クレーン	20	180(200)	1070(1250)	1680(1600)
	25	220(250)	1170(1500)	1880(1670)
	30	260(290)	1270(1700)	2050(1710)
	40	320(390)	1470(2000)	2180(1950)
	50	390(490)	1670(2300)	2340(2130)
	80	560(740)	2220(2850)	2520(2600)
	100	680(900)	2550(3400)	2670(2650)
	120	780(1060)	2870(3850)	2720(2750)
	150	940(1310)	3300(4500)	2850(2910)
	200	1180(----)	3900(----)	3030(----)
トラック	T-25	50(100)	780(1000)	640(1000)
トラクター TT-44 前輪	40ft 30.5tﾀｲﾌﾟ	18(50)	280(1000)	640(500)
トラクター TT-48 前輪	40ft 35tﾀｲﾌﾟ	25(50)	390(1000)	640(500)
トレーラーTT44	40ft 30.5tﾀｲﾌﾟ	40(50)	630(1000)	640(500)
トレーラーTT48	40ft 35tﾀｲﾌﾟ	50(50)	780(1000)	640(500)
AGV	40t	170(---)	1490(----)	1140(----)
一般用フォークリフト	2	25(25)	340(300)	730(830)
	3.5	40(45)	520(500)	770(900)
	6	65(70)	820(800)	790(880)
	10	100(110)	1300(1400)	770(790)
	15	150(170)	1900(2300)	790(740)
	20	200(240)	2500(3150)	800(760)
	25	250(300)	3110(3800)	800(790)
コンテナ用フォークリフト	6	75(70)	1260(800)	600(880)
	10	125(110)	1730(1400)	720(790)
	15	185(170)	2320(2300)	800(740)
	20	245(240)	2920(3150)	840(760)
	25	305(300)	3510(3800)	870(790)
	35	425(440)	4690(5000)	910(880)
リーチスタッカ	31	370	4,110	900
トランスファークレーン(8輪)	41t	300(---)	2200(----)	1360(----)
トランスファークレーン(16輪)	41t	150(---)	1600(----)	940(---)
ストラドルキャリア	35	120(110)	1320(1200)	910(920)

（　）内は、現行規準

・フォークリフトが一般用とコンテナ用に分けて製造され利用されている
・トランスファークレーンについては現行基準で示されている20～30ｔ吊りが無くなり, 41t吊りが標準となり, タイヤ数が8輪仕様だけでなく，16輪仕様も使用されている．
・コンテナ用のAGV，リーチスタッカーが登場した．
・トラクター及びトレーラーに35tタイプが登場した. これは海上コンテナの積載荷重の増加がISOで承認されたためである．
・トラックは埠頭専用のものが使われる時代ではなくなったとのことで，T-25の値を用いた．

輪荷重で250kNを超えているのは，トラッククレーンの30t吊り以上，一般用フォークリフトの荷役荷重25t, コンテナ用フォークリフトの荷役荷重25t以上及び8輪仕様のトランスファークレーンである. 接地圧で, 1,000kPaを越えているのはトラッククレーンとAGVと８輪仕様のトランスファークレーンである．200ｔ吊りのトラッククレーンの接地圧は3,000kPa　を超えている．

次に各荷役機械の特徴を述べる．

トラック系クレーンについては国内3社，海外2社のトラッククレーンについて調査した．調査方法は，メーカーのカタログスペック，アウトリガー反力計算プログラム, 及びメーカーへのヒアリングによりまとめた．

まず，アウトリガー反力は同じ作業半径でもアウトリガーの張り出し量の違いで定格吊り上げ重量が変化する．港湾において，貨物船とエプロン間での荷揚げ作業を考えると，ある程度大きな作業半径での使用が想定できる．これについては，クレーン安全規則により規制されているので，以下にクレーン等に定められた法令等を抜粋する．

クレーン等安全規則第 55 条（製造検査）

上記を踏まえてアウトリガー反力計算の作業条件の検討

第２項 前項の規定による検査（以下この節において「製造検査」という) においては，移動式クレーンの各部分の構造及び機能について点検を行なう他, 荷重試験及び安定度試験を行なうものとする．

第３項 前項の荷重試験は, 移動式クレーンに定格荷重の 1.25 倍に相当する荷重(定格荷重が 200 トンを超える場合は定格荷重に 50 トンを加えた荷重)の荷をつって，吊り上げ，旋回，走行等の作動を行なうものとする．

第４項 第２項の安定度試験は移動式クレーンに定格荷重の 1.27 倍に相当する荷重の荷を吊って，当該移動式クレーンの安定に関し最も不利な条件で地切りすることにより行なうものとする．

クレーン等安全規則第 70 条の 5（アウトリガー等の張り出し）

事業者は，アウトリガーを有する移動式クレーン又は拡幅式のクローラを有する移動式クレーンを用いて作業を行なう時は，当該アウトリガー又はクローラを最大限に張り出さなければならない．ただし，当該アウトリガー又はクローラを最大限に張り出すことが不可能な場合であって，当該移動式クレーンに掛ける荷重が当該移動式クレーンの張り出し幅に応じた定格荷重を確実に下廻ると見込まれる時はこの限りではない．

次の事項等が移動式クレーンに掛ける荷重が張り出し幅に応じた定格荷重を確実に下廻ると見込まれる時である．拡幅式のクローラクレーンで，最大張り出しでない時の定格荷重を有していないものは対象にならない．したがって，このようなクローラクレーンはクローラを縮小した状態で作業を行なう事はできない．

1) アウトリガーの張り出し幅に応じて，自動的に定格荷重が設定される過負荷防止装置を備えた移動式クレーンを使用する時．
2) アウトリガーの張り出し幅を入力する過負荷防止装置を備えた移動式クレーンにおいて実際の張り出し幅と同じ，または少ない張り出し幅にセットして作業を行う時．

３）移動式クレーン明細書，取扱説明書等にアウトリガーの最大引き出し幅と同じ，または少ないときの定格荷重表または性能曲線により，移動式クレーンにその定格荷重を超える荷重がかかることが無いことを確認したとき

上記を踏まえて，港湾においてトラッククレーンによるエプロンと貨物船間での荷の積み下ろし作業を想定した場合のアウトリガー反力計算の作業条件の検討を行った．アウトリガー反力計算をする場合に必要な作業条件の１つであるアウトリガー張り出し量については，クレーン等安全規則第70条の規定に従い，最大張り出し量とした．また，アウトリガー最大反力については，ある国産の定格最大能力51tの機種の場合, 計算結果によると，23.6mブームで作業半径20mの場合，転倒する寸前まで荷重を増加させると，作業時の総重量（クレーン重量

＋荷物の重量）の70%以上もの荷重が1本のアウトリガーに作用する結果となった．これは，メインブーム10.2mを使用して作業半径2.9mで得られた定格最大反力の94%であった．また，作業半径20mにおいて，転倒する寸前での吊り荷重は4.7tであるが，定格荷重は2.75tであるから，定格荷重に対して1.7倍の荷重であった．これは「クレーン等安全規則第55条（製造検査）」第3項の荷重試験で規定されている定格荷重の1.25倍，及び第4項の安定度試験の定格荷重の1.27倍より大きな値である．作業半径20mではクレーンが転倒する寸前まで吊り荷重を大きくしても，その時のアウトリガー反力はまだ定格最大反力より小さい結果であった．つまり，舗装構造の検討をする場合，クレーンの最大接地圧を定格最大反力で検討することにより，十分な安全率が見込まれる．

一般的な20ftコンテナの諸元は，幅，高さ2.45m，長さ6mであり，本体からの作業半径は20m，高さ5mの確保が必要であり，バラ荷を荷役ネットで船からエプロンに取り下ろす場合も船の中央部までブームを伸ばさなくてはならないので，このような最大荷重で考慮する必要がある．多くの港湾埠頭により作業半径，貨物船の高さ，吊り荷重量など作業条件が一定しない事などから，安全率も考慮して，アウトリガー最大接地圧の検討には定格最大反力を使用した．また，“移動式クレーン支持地盤養生マニュアル”[7] で記述してある旋回によるアウトリガーにかかる反力の算定式を参考にし，クレーンの最大定格荷重と最大接地圧の関係をまとめた．(**表-2**はその結果である．)

吊上げ能力とアウトリガー最大接地圧を**図-16** のようにグラフ化すると，かなり現行基準を下回っていることがわかる．また，従来より大きな吊り上げ能力のある機種も増えている．（実線は実態値の相関式である）定格能力 200t までの機種では，４本タイプが主である．現行基準ではクレーンをアウトリガーで分類していないが，今回の解析においては，その特性よりアウトリガー4 本タイプ，5 本以上の 2 種類に分類した．また，アウトリガーが 5 本以上のタイプは，国産で定格能力が大きい機種である．しかもアウトリガー本数が 5 本～8 本とさまざまで，複雑な構造のものも見られる．海外産 2 社は全て 4 本タイプであった．それらのトラッククレーンの能力は最大でも 200t であった．(例外として 800t 吊りもあった) 表-2 には，アウトリガー4 本タイプの定格最大能力 200t まで示した．

アウトリガー4 本タイプに関して，吊り上げ能力と最大反力の関係を示す図-17 を見ると，現行基準より同じ吊り上げ能力で最大反力が全般に小さくなっている．

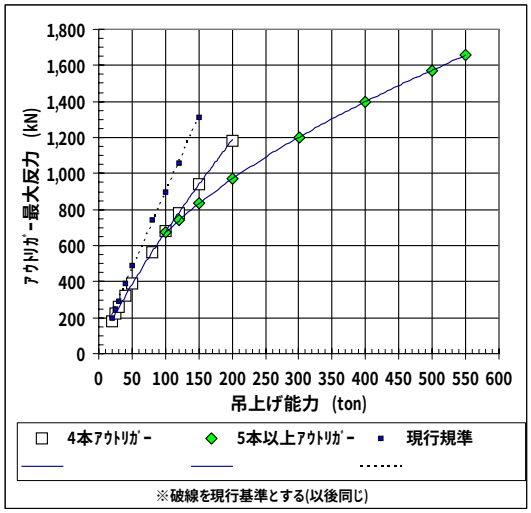


図-16 最大反力の傾向比較
（アウトリガー4 本と 5 本以上ﾀｲﾌﾟ）
実線は実態値の相関式である．以降同じ

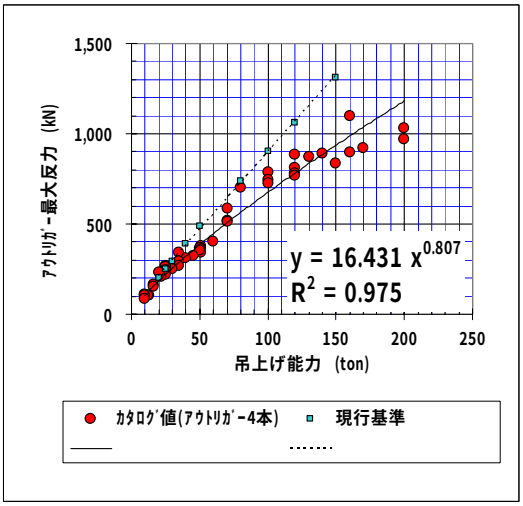


図-17 吊上げ能力と最大反力

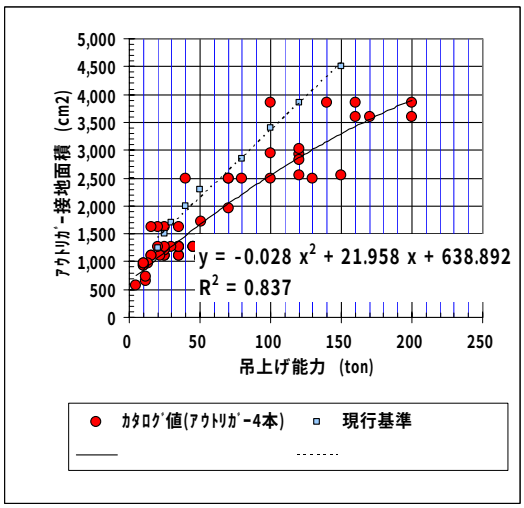
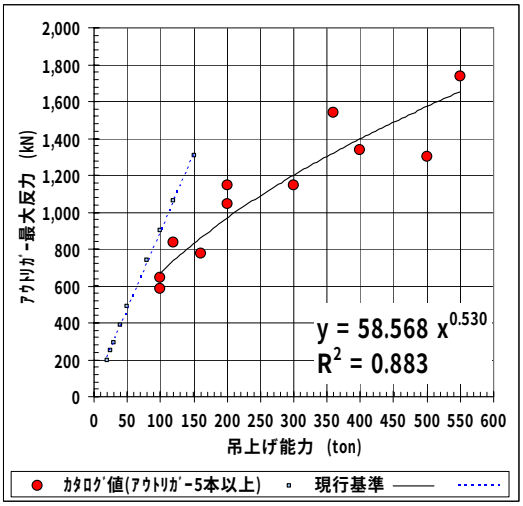
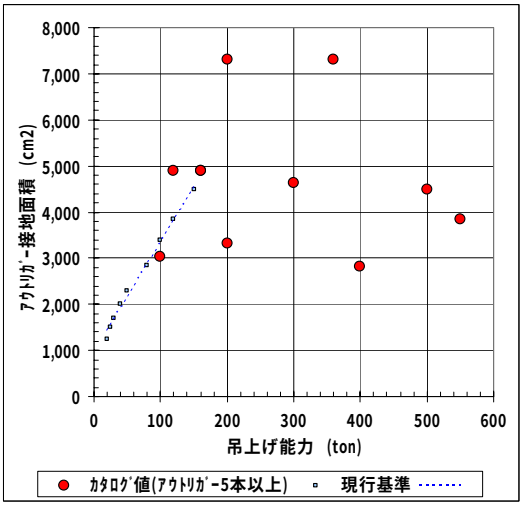


図-18 吊上げ能力と接地面積



図－19　吊上げ能力と最大反力

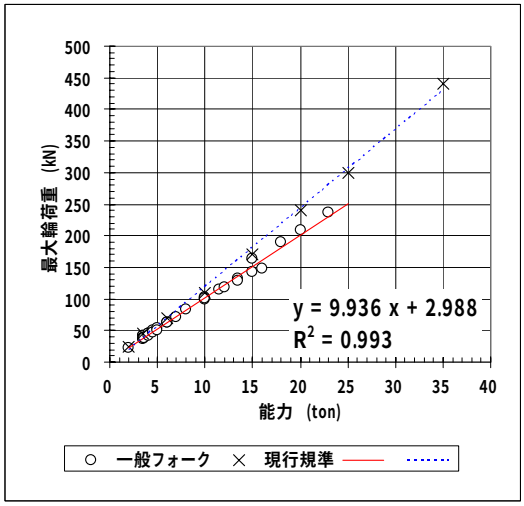


図－20　吊上げ能力と接地面積

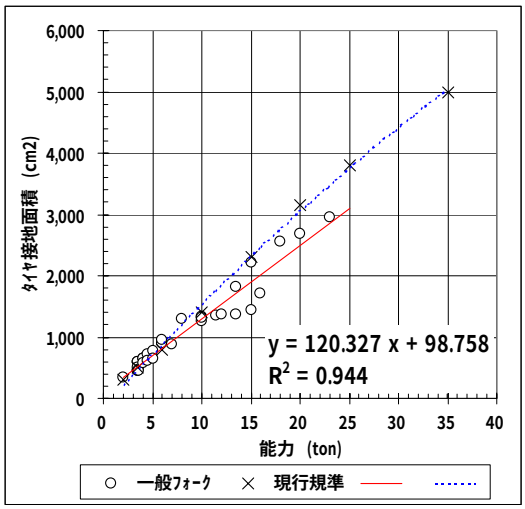
しかし,吊り上げ能力と接地面積の関係を示す**図-18**より非常にばらつきが大きいことが分かる．アウトリガーの設置面積4,000cm²程度のところに4機種あり，吊り上げ能力は100～200tまである．機種が明確になれば再度検討が必要と考える．アウトリガー5本以上のタイプの吊り上げ能力と最大反力の関係を**図-19**に，吊り上げ能力と接地面積の関係を**図-20**に示す．これより，吊り上げ能力の大きい５本以上のタイプは，吊り上げ能力と接地面積の関係からは吊り上げ能力が増加しても接地面積は増加しない．これらの機種は舗装の上で作業するというよりも剛性の高い鋼板等のうえで作業することを前提に作られていると考察するところである．

まとめると，アウトリガー4 本タイプ，5 本以上のタイプとでは相当傾向が異なる．4 本タイプは相関関係が認められるが，5 本以上タイプは認められない．また，トラッククレーンについては接地圧が非常に大きいので，アウトリガーを最大限張り出すとともにその下に剛性のある広い鋼板を敷くことを原則とすべきである．

さらに荷役業者は定期的に大型クレーンによる荷役作業をする場合，使用する度にリースするよりは多目的ジブクレーンを配備する方が経済的と判断しているようである．多目的ジブクレーンは他の荷役機械に比べて自重，作業時の荷重が大きく，航路新設などコンテナ取扱い個数が急増する際，導入される場合が多い．そのスペックの一例を紹介すると，金沢港に配置されているものはアウトリガーフロート直径 3.5m，タイヤ数 64 輪，自重 458ton，タイヤ荷重 7.5ton，作業時アウトリガー最大反力 247ton という巨大なものである．



図－21　能力と最大輪荷重(一般ﾀｲﾌﾟ)



図－22　能力と接地面積(一般ﾀｲﾌﾟ)

写真-5　リーチスタッカ

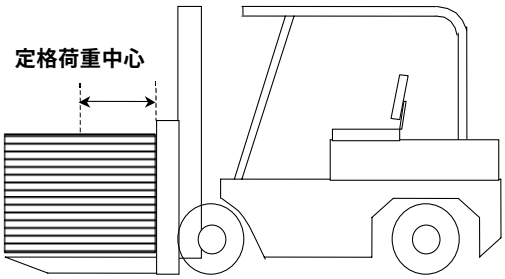


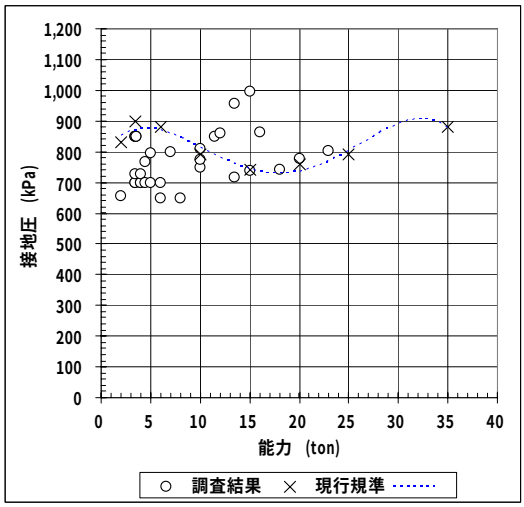
図-23　フォークリフトの定格荷重中心

ただし，仕様も多種に及ぶため，本編には掲載していない．

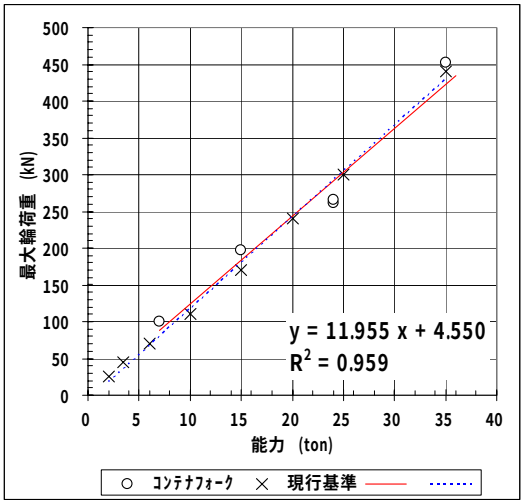
次にフォークリフトについて述べる．国内 3 社，海外 1 社のフォークリフトについて調査した．フォークリフトの場合，用途により一般タイプ，コンテナ用，スプレッダ等の補助装置を装着したタイプ，機械後部にブームを装着したものが有り，接地圧等に関して相関関係を求める場合，それらを一緒にするとデータのばらつきが大きくなってしまう．コンテナ内に荷を収める時に使用するパレットの寸法は 1100mm 四方であり，定格荷重中心 500～600mm のフォークリフトが適している．一般用フォークリフトはコンテナヤードのみならず，バラ荷を扱う岸壁でも使用される．また，20～40 フィートコンテナの横幅寸法は全て 8 フィート（2438mm）で，定格荷重中心 1250mm のフォークリフトの使用が一般的である．

同じ定格荷重でも定格中心距離が大きくなればフォークリフト自重を大きくするか，ホイールベースを長くして重心位置を後方にしてバランスを取る必要が有る．したがって，一般タイプ(定格荷重中心 500～900mm)，コンテナ用（1250mm）の 2 種類に分類した．リーチスタッカについては，形状・機能が分かるよう写真-5 のみ示した．

まず，一般用フォークリフトの能力と最大輪荷重の関係ならびに接地面積との関係を**図-21，22** に示す．全般に現行基準より傾きが小さい．最大輪荷重が小さくなり，かつ接地面積も小さくなっている．



図－24　能力と最大接地圧(一般ﾀｲﾌﾟ)



図－25　能力と最大輪荷重(ｺﾝﾃﾅﾀｲﾌﾟ)

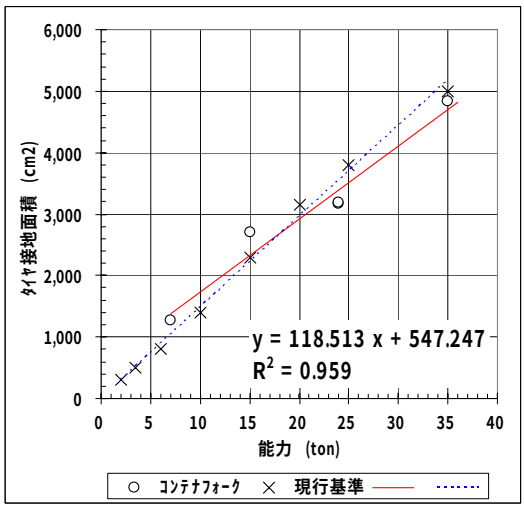
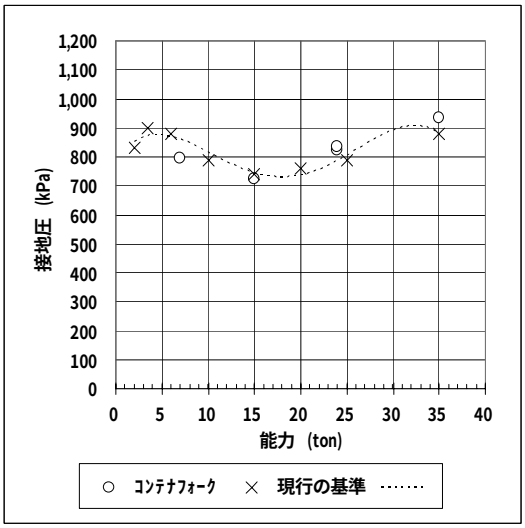


図-26　吊り上げ能力と接地面積(ｺﾝﾃﾅﾀｲﾌﾟ)



図－27　吊り上げ能力と接地圧(ｺﾝﾃﾅﾀｲﾌﾟ)

図-24 に示す最大接地圧については，現行基準に対し積載能力 11t までは小さな値となっているが，11t～25t までは逆に大きな値となっているものが多いことがわかった．

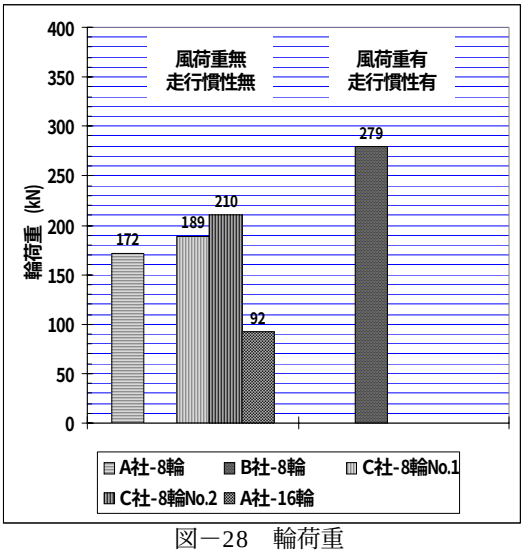
次にコンテナ用フォークリフトについて述べる．コンテナ用フォークリフトの能力と最大輪荷重及び接地面積の関係を**図-**25，26 に示した．コンテナ用は最大輪荷重, 接地面積ともに積載能力 15ｔ付近で僅かではあるが原稿基準と逆転していることが分かる．**図-27** に示す能力と接地圧の関係は一般用と同様 10t 以下では現行基準より小さく，その上では大きいものが見られる．

まとめると，フォークリフトは一般タイプとコンテナタイプに分かれたが舗装の立場から見て現行基準との差は余り大きくない．しかし，最大輪荷重が 450kN を超えるものがあるので，設計の主荷重となる場合があることは注意すべきである．

次にトランスファークレーン**(写真-6)**について述べる．国内 3 社のトランスファークレーンについて調査した．

写真-6　トランスファークレーン

RTG(Rubber Tyred Gantory Crane)ともよばれる．その機種の規模を 6 列 1 シャーシーレーン，4 段 1 クリアーなどと表現する．寸法はホイールベース 7m，高さ 17m，スパン（左右のタイヤ間）23m 程度である.たとえば 1 列目のコンテナを吊る場合と 3 列目のコンテナを吊る場合では，当然左右の荷重バランスも違い，輪荷重の大きさも違ってくる.また，その形状ゆえ走行時の加速による慣性により，前輪荷重の一部が後輪側のタイヤに荷重移動し，静止時よりも大きな輪荷重となる.また，進行方向に対して横方向の風を受けると，この場合もまた荷重移動が生じ，風上側の輪荷重が減少して風下側の輪荷重が増加する.今回メーカーに対して



図－28　輪荷重

ﾄﾗﾝｽﾌｧｰｸﾚｰﾝ(空荷状態)

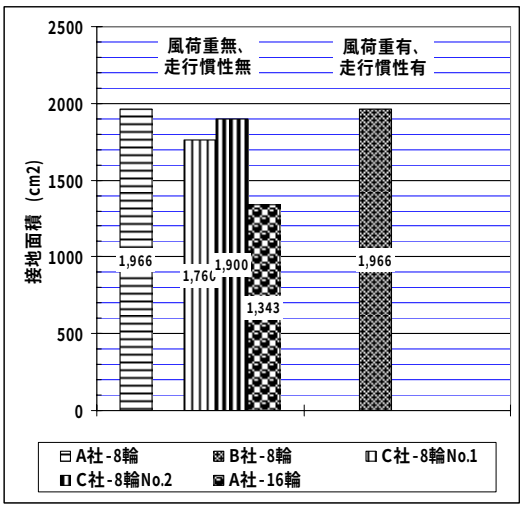


図-29　接地面積

ﾄﾗﾝｽﾌｧｰｸﾚｰﾝ(空荷状態)

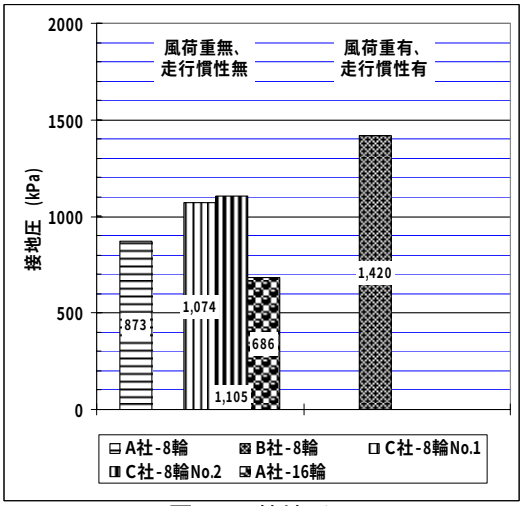


図-30　接地圧
ﾄﾗﾝｽﾌｧｰｸﾚｰﾝ(空荷状態)

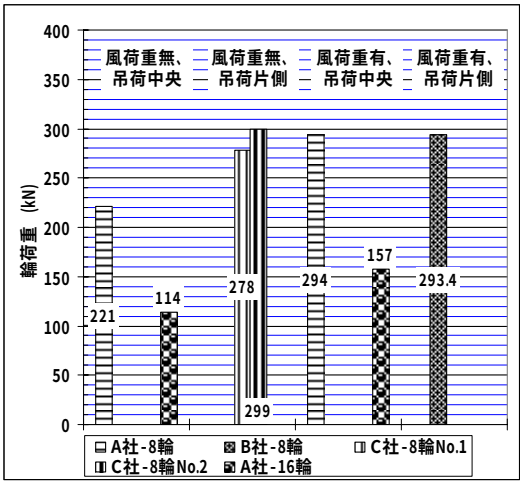


図-31　輪荷重
ﾄﾗﾝｽﾌｧｰｸﾚｰﾝ(最大積載量)

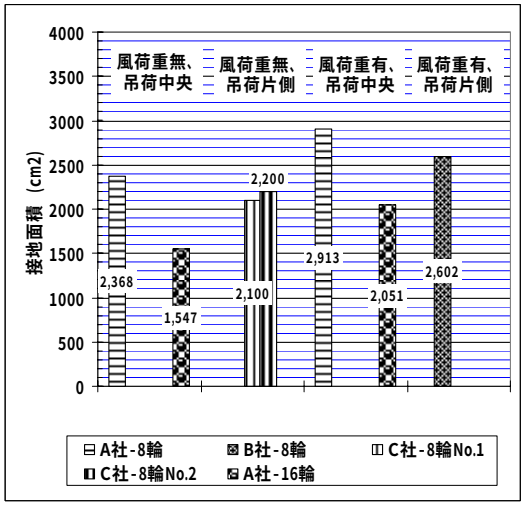


図-32　接地面積
ﾄﾗﾝｽﾌｧｰｸﾚｰﾝ(最大積載状態)

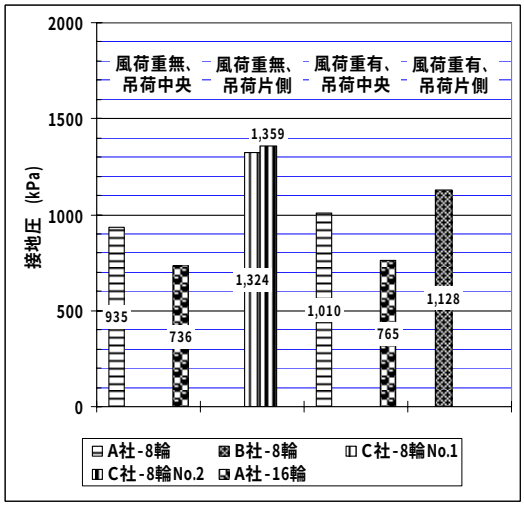


図-33　接地圧
ﾄﾗﾝｽﾌｧｰｸﾚｰﾝ(最大積載状態)

行ったRTGに関するアンケート調査から得られたデータは，前述の風荷重，走行時の慣性荷重，吊り荷位置などの条件がメーカーにより一定ではなかった．

現行規準には定格能力20，25，30tonのRTGの輪荷重等が記載されているが，今回メーカーより得られたデータは全て定格能力41tonであった．空荷状態での輪荷重は図-28より走行慣性，風荷重を考慮したB社８輪タイプが格段に大きな輪荷重であった．A社のみ１６輪タイプを販売しているが，8輪の半分程度の荷重に激減している．また，今回調査した8輪タイプのRTGのタイヤサイズは全て18-25-36PRであった．そのような理由からか，8輪タイプに関しては接地面積に大きな違いが無い事が**図-29**よりわかる．

接地圧については，**図-30**より走行慣性，風荷重を考慮したB社８輪タイプが大きな値であった．積載状態での輪荷重は**図-31**より，風荷重の有無でA社８輪タイプは30%，16輪タイプで40%程度大きい値であった．接地面積に関しては，**図-32**より，A社８輪タイプは30%，16輪タイプで40%程度大きい値であった．接地圧に関しては，**図-33**より風荷重無し、吊り荷片側の条件が最大となった．又，RTGの輪荷重は前述のように風荷重，走行時の慣性荷重の影響を受けるが，通常時でもコンテナを積降ろしする列により異なる．大阪港、神戸港ではRTG走行路は当初たわみ性舗装で作られたが，わだち掘れが発生し，剛性舗装に移行している．無積載でも風荷重だけで約280ｔの輪荷重が発生する．また，この機械は**写真-6**のようにコンテナと平行に移動するだ

写真-7　ストラドルキャリア

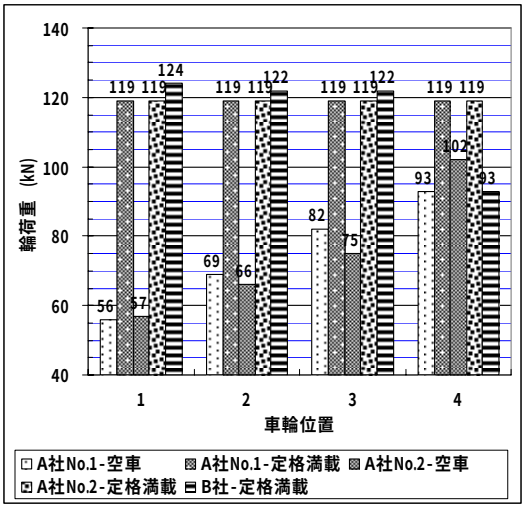


図-34　各輪の空車，積載時の輪荷重
ストラドルキャリア

けでなく，直角方向にも移動しコンテナの積み下ろしをする．その際には 90 度の方向転換のため，タイヤの据え切りを行う．この機械の走行路の設計には注意を要する．次にストラドルキャリアについて述べる.形状は写真-7 のとおりである．国内メーカー2 社について調査した．この機械はコンテナを抱えてエプロンとコンテナヤードの往復，またはコンテナの積替えなどに使用される．このため，急発進，急旋回，急停止を繰り返し．舗装の疲労破壊の主役となることが多い．英国の港湾舗装の基準[8)]ではこれら動的荷重に対して，回転：60%，加速：10%，表面不陸：20%，ブレーキング：±50%が認められている．この機械は 4 軸有り，1～3 軸までが隣接しており，3 軸と 4 軸間が離れている．運転席は 4 軸付近の上部，一番高い場所に有る．

輪荷重は**図-34** より，空荷状態では 1 輪目から 4 輪目に徐々に大きくなっている．また，積状態では A 社は 4 輪が同じ輪荷重になっており，積載時にバランスが取

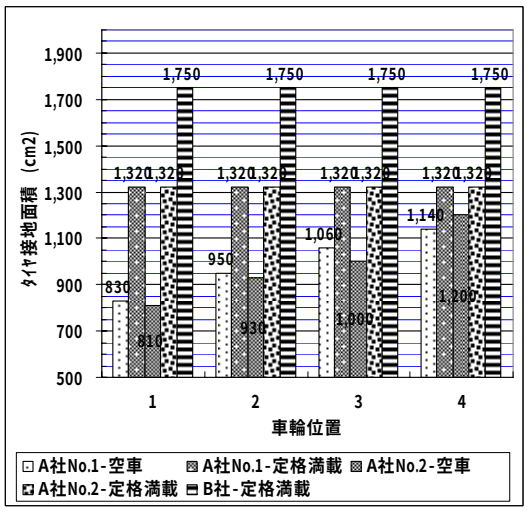


図-35　各輪の空車･積載時の接地面積
ストラドルキャリア

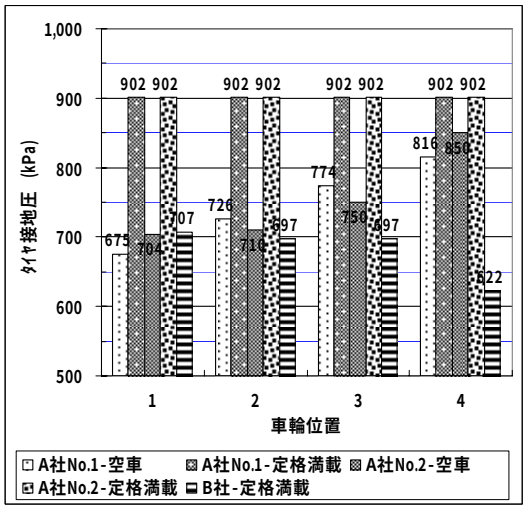


図-36　各輪の空車，積載時の接地圧
ストラドルキャリア

られるようになっている．B 社は 4 輪目が少し小さい値であった．積載時の輪荷重はほぼ 120kN であった．積載時の接地面積は**図-35** より，A 社に対して B 社は 30%程度大きな値であった．したがって接地圧は**図－36** より，B 社より A 社の機種が 30%程度大きな値であった．

4．まとめ

以上述べてきたことをまとめると

- 日本の港湾の舗装で修繕が緊急に必要な施設が相当あり，5年ないし10年以内に修繕が必要とされる施設は5割に近い可能性がある．
- 舗装の維持管理要領が，全国で整備されておらず，点検方法，点検記録のデータベース化など未確立で，予防保全という取り組みにいたっていない．
- 半たわみ性舗装，PC版，RC版，ILB舗装などの使用

が増加し，ブロック舗装は使われていない．

- 荷役機械については，ＡＧＶ，リーチスタッカ及びタイヤマウント式クレーンなどが使用されているとともに，トランスファークレーンも41ｔが主流となっている．
- トラッククレーンの接地圧は他の荷役機械と比べて格段に大きく，アウトリガーの下に剛性のある鉄板を敷くことが必要である．

謝辞

本研究の遂行に当たっては，全国の国土交通省の港湾の調査，設計の担当者，港湾管理者の担当者に多大の協力を得た．(財)沿岸開発技術研究センター，(社)港湾荷役機械化協会の担当者及び関係者にも協力いただいた．多くの方々のご協力を得て本調査をまとめることができた．ここに深く感謝の意を表します．

参考文献

１）国土交通省港湾局；港湾の施設の技術上の基準・同解説（下）（社）日本港湾協会，1999年,pp.871-890

２）国土交通省道路局；舗装の構造に関する技術基準・同解説（社）日本道路協会，　2003 年

3）(社)日本道路協会；道路維持修繕要綱，1978 年

4）国土交通省航空局；空港舗装補修要領（案），1999 年

５）国土交通省道路局；舗装の構造に関する技術基準・同解説（社）日本道路協会，　2003 年,pp46

６）社）日本建設機械化協会；移動式クレーン，杭打機等の支持地盤養生マニュアル，2000 年

７）British Ports Association（1996）; The Structural Design of Heavy Duty Pavement for Ports and other Industries

付録:港湾の舗装施設　調査票　(表紙)

管轄	国土交通省　A地方整備局		工事事務所名	A整備事務所		
担当課	○○課		担当者名	○○　△△		
ヒアリング相手先	A県港湾課		役職	技師	氏名	○○　△△
			電話番号	XXX－YYY-ZZZZ		
調査した港湾の現状	コンテナバース数	1		ライナーバース数	1	
	過去20年間での荷役状況	最新のパンフレットをご覧ください。				
	コンテナバース取扱量 (千t)	H14) 626 千t/年/3バース		ライナーバース取扱量 (千t)	(H14) 389 千t/年	
	定期航路の数	5		コンテナ荷役開始年月	年　月	
	定期航路のエリア	韓国	3	中国･韓国	1	北米	1
	荷役機械の移り変わり　背景	最初は木材、石油等の取り扱いが多かったが、コンテナの取扱量が増えるにつれ、タイヤマウント式ジブクレーン、ついでガントリークレーンの導入がなされた。				

種　類	当初	現状	概要
ﾀｲﾔﾏｳﾝﾄ式ｼﾞﾌﾞｸﾚｰﾝ	台	1台	
ﾄﾗｯｸｸﾚｰﾝ	台	5台	
ｸﾛｰﾗｰｸﾚﾝ	台	1台	
ｼｮﾍﾞﾙﾛｰﾀﾞｰ	台	4台	
ﾌｫｰｸﾘﾌﾄ	台	13台	
ﾊﾞｯｸﾄﾞｰｻﾞ	台	1台	
ﾌｫｰｸﾛｰﾀﾞｰ	台	4台	
ｶﾞﾝﾄﾘｰｸﾚｰﾝ	台	1台	
	台	台	
	台	台	
	台	台	

岸壁の隙間から、粒状材料の吸い出しにより、エプロンの路床材が流れ、沈下したことがあるか？	有り　(無し)	発生年月	年　月	
	舗装の種類			
	理由			
エプロン舗装の維持管理要領の有無	有り　(無し)	有る場合の発行年月	年　月	
	有る場合はその写しを送付願います。			

この港湾の舗装の課題と調査対象施設の特徴

港湾の舗装施設　調査票　(その1・港湾管理者用)　　記入日:平成　16年　11月　　日

施設名	A港(AA地区)			管理者名	A県		
	CDEF岸壁(－10m)			担当者名			
工事事務所名	A整備事務所			エプロン幅員	20m	エプロン延長	185m
設計上の載荷重	米穀、鉱石、原塩、肥料			荷重の種類	常時2.0t/m2、地震時1.0t/m2		
施設の現用途	セメント、輸送用車両			設備の種類	1	(1．エプロン、2．荷さばき地)	
舗装の種類	2	(1．アスファルト舗装、 2．コンクリート舗装、 3．PC版、 4．半たわみ性舗装、 5．RCCP、 6．ILB舗装、 7．ブロック舗装、 8．その他)					
舗装全体面積 (m^2)		3,700m2		調査対象面積 (m^2) 注1			
供用開始年月	S47年　月	設計供用年数	年	初期建設コスト			
補修年月とライフサイクルコスト	年　月	補修費(円/m^2)	年	補修面積(m^2)		補修理由	
	年　月	補修費(円/m^2)		補修面積(m^2)		補修理由	
	将来維持管理コスト:　不明　円/m2			取扱いトン数　(t/年)		(H14) 388,963 t/年/2バース	
	ライフサイクルコスト;					不明　円／m^2	

荷役機械	種　類	当初	現状	種　類	当初	現状
	ﾀｲﾔﾏｳﾝﾄ式ｼﾞﾌﾞｸﾚｰﾝ	台	1台	ﾌｫｰｸﾘﾌﾄ	台	13台
	ﾄﾗｯｸｸﾚｰﾝ	台	5台	ﾊﾞｯｸﾄﾞｰｻﾞ	台	1台
	ｸﾛｰﾗｰｸﾚﾝ	台	1台	ﾌｫｰｸﾛｰﾀﾞｰ	台	4台
	ｼｮﾍﾞﾙﾛｰﾀﾞｰ	台	4台	ｶﾞﾝﾄﾘｰｸﾚｰﾝ	台	1台

荷重条件	種　類	空車時、無負荷			積載時、負荷		
		輪荷重(kN)	接地面積	接地幅(cm)	輪荷重(kN)	接地面積	接地幅(cm)
	ﾀｲﾔﾏｳﾝﾄ式ｼﾞﾌﾞｸﾚｰﾝ						
	ﾀｲﾔｻｲｽﾞ12.00-20-18PR						

設計条件						
路床CBR (%)	-	表層	コンクリート	層厚(cm)	20	
凍結深 (cm)	不明	基層	-	層厚(cm)		
路床の設計支持力係数		上層路盤	切込砕石又は粒調砕石	層厚(cm)	30	
K30(N/cm^3)	不明	下層路盤	-	層厚(cm)		

路面排水	勾配 (%)	1.0	延長 (m)	20	良好　普通　不良	
路面状況	良好		(軽微な破損)		著しい破損	
	特記事項:					

舗装設備の利用に当たっての維持修繕の必要性

必要なし　　(近いうちに補修が望ましい)　　早急に補修が必要である

調査対象区域の全体踏査による主要な破損箇所(性状)とその概況

現状のエプロン幅員(m)	20	望ましい幅員(m)	

注1調査対象面積はアスファルト舗装630m2、そのほか420m2

港湾の舗装施設　調査票　(その2)

施設名	A港（AA地区）CDEF岸壁（－10m）		ユニット番号	
施設の用途	セメント、輸送用車両	管理者名	A県	
工事事務所名	A整備事務所	担当者名		
路面状況	良好	軽微な破損	著しい破損	

舗装設備の利用に当たっての維持修繕の必要性

破損箇所の状況

写真撮影位置
破損性状
走行軌跡部の沈下
備考

写真撮影位置
破損性状
ｼﾞｮｲﾝﾄ部のひび割れ
備考

備考；破損性状に関しては，運輸省航空局が平成11年4月に発行した空港舗装補修要領（案）を参考に記入してください．

港湾の舗装施設　調査票　(その3)

施設名	A港（AA地区）CDEF岸壁（－10m）		ユニット番号	
施設の用途	セメント、輸送用車両	管理者名	A県	
工事事務所名	A整備事務所	担当者名		
路面状況	良好	(軽微な破損)	著しい破損	

舗装設備の利用に当たっての維持修繕の必要性

破損箇所の状況

写真撮影位置
破損性状
路床の沈下によるわだち掘れ
備考

写真撮影位置
破損性状
不等沈下によるひびわれ
備考

備考；破損性状に関しては，運輸省航空局が平成11年4月に発行した空港舗装補修要領（案）を参考に記入してください．

国土技術政策総合研究所資料
TECHNICAL NOTE of NILIM
No. 255 September 2005

編集・発行 ©国土技術政策総合研究所

本資料の転載・複写のお問い合わせは
〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬3-1-1
管理調整部企画調整課 電話:046-844-5019